

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ

Киселев Д. Н.

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент Ершов Ю. А
Сибирский федеральный университет

В результате развития компьютерных технологий появилась возможность виртуального испытания устройств автоматического регулирования возбуждения генераторов. Современные программы позволяют создавать модели, с помощью которых можно отслеживать входные и выходные данные, а также промежуточные расчёты. Таким образом, можно контролировать работу автоматических регуляторов в режиме реального времени и проверить правильность их функционирования при различных режимах электрической системы. В данной работе представлена модель АРВ генераторов.

Регулирование возбуждения генераторов оказывают существенное влияние на переходные процессы в энергосистеме, поэтому необходимы адекватные системы автоматического регулирования возбуждения. Для разработки таких систем на стадии проектирования, а также для обучения обслуживающего персонала важно иметь информацию о процессах, происходящих в системе в различных режимах работы, в том числе и аварийных. Получить необходимую информацию на реальном объекте возможно с помощью компьютерного моделирования. Набор моделей должен обеспечить воспроизведение основных характеристик эксплуатируемых АРВ, влияющих на качество электромеханических переходных процессов [1].

Моделирование регулятора возбуждения реализовано в программе *Matlab* (приложение *Simulink*). Это позволяет контролировать работу устройств АРВ в режиме реального времени и проверить правильность их функционирования при различных режимах электрической системы. Разработанная модель сделана на основе возбудителя, представленного в [2]. Функциональная схема модели регулятора возбуждения представлена на рис 1.

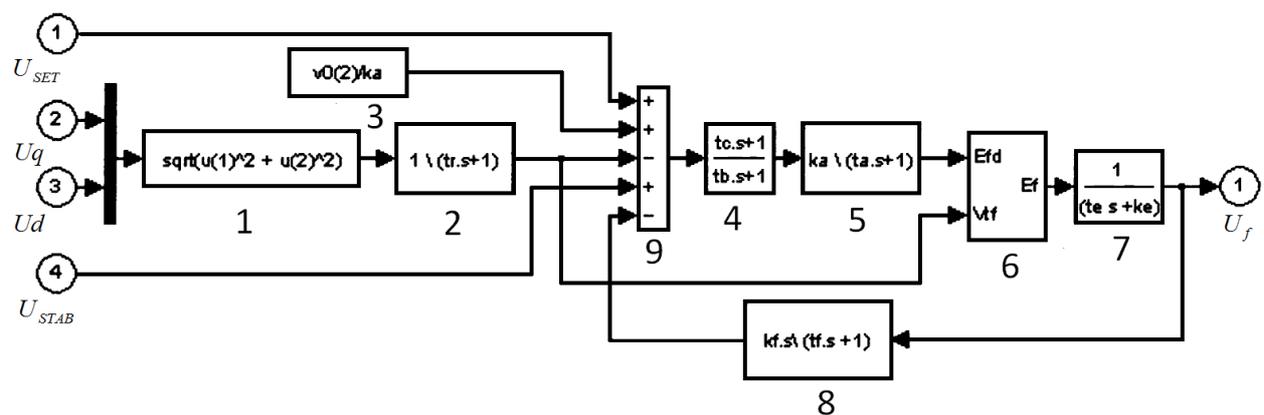


Рис. 1. Модель регулятора возбуждения

На вход блока поступают ортогональные составляющие напряжения генератора (U_d , U_q), желаемое значение напряжения U_{SET} , напряжение стабилизации U_{STAB} .

Вычисление напряжения прямой последовательности (блок 1) происходит по выражению

$$U_{tf} = \sqrt{U_q^2 + U_d^2}.$$

Затем, в блоке 2, происходит выделение напряжения 1-ой гармоники.

$$W_2(s) = \frac{1}{tr \cdot s + 1},$$

где tr - постоянная времени нижних частот.

В блоке 3 задается начальное значение напряжения на зажимах генератора $Vf0$ и начальное значение напряжения возбуждения $Vf0$. При правильно выбранных начальных условиях процесс моделирования может быть начат с установившегося режима. Начальное значение напряжения на зажимах генератора для этого обычно задается равным 1 о.е. Начальное значение напряжения возбуждения вычисляется с помощью утилиты LoadFlow блока PowerGui.

Блок 4 представляет собой передаточную функцию

$$W_4(s) = \frac{tc \cdot s + 1}{tb \cdot s + 1},$$

где tb и tc - постоянные времени стабилизатора.

В нормальном режиме временные постоянные tb и tc очень малы, однако при переходном процессе они способствуют стабилизации величины напряжения.

Блок 5 представляет собой передаточную функцию

$$W_5(s) = \frac{ka}{ta \cdot s + 1},$$

где ta - постоянная времени регулятора, ka – коэффициент усиления регулятора.

Модель возбудителя (блок 7) представлена в виде передаточной функции между напряжением возбуждения Uf и выходным напряжением регулятора Ef .

$$W_7(s) = \frac{U_f(s)}{E_f(s)} = \frac{1}{Ke + sTe}$$

где Ke - коэффициент усиления, Te - постоянная времени модели возбудителя.

Блок 8 используется для вычисления производной напряжения и осуществления обратной связи. Передаточную функцию можно представить в виде

$$W_8(s) = \frac{Kf \cdot s}{tf \cdot s + 1}$$

где Kf – коэффициент усиления, tf –постоянная времени реального дифференцирующего звена.

Функциональная схема, поясняющая работу блока 6, представлена на рис. 2

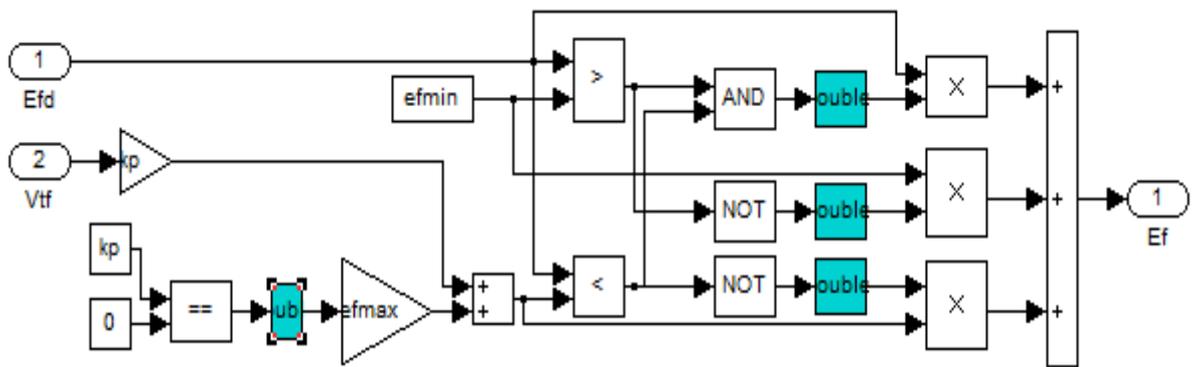


Рис.2. Функциональная схема блока 6

Параметры блока: минимальное Ef_{min} и максимальное Ef_{max} значения выходного напряжения регулятора в о.е. и его коэффициент усиления Kp . Верхний предел может быть постоянным и равным Ef_{max} или переменным и равным значению выпрямленного напряжения на зажимах генератора V_{tf} , умноженному на коэффициент усиления Kp . Если коэффициент усиления задан равным нулю, то используется первый вариант, если Kp задан положительным значением, то используется второй вариант. Для испытания модели регулятора возбуждения была создана модель (рис.3), состоящая из генератора $G1$, нагрузки $H1$, регулятора возбуждения AVR и осциллографа $Scope$.

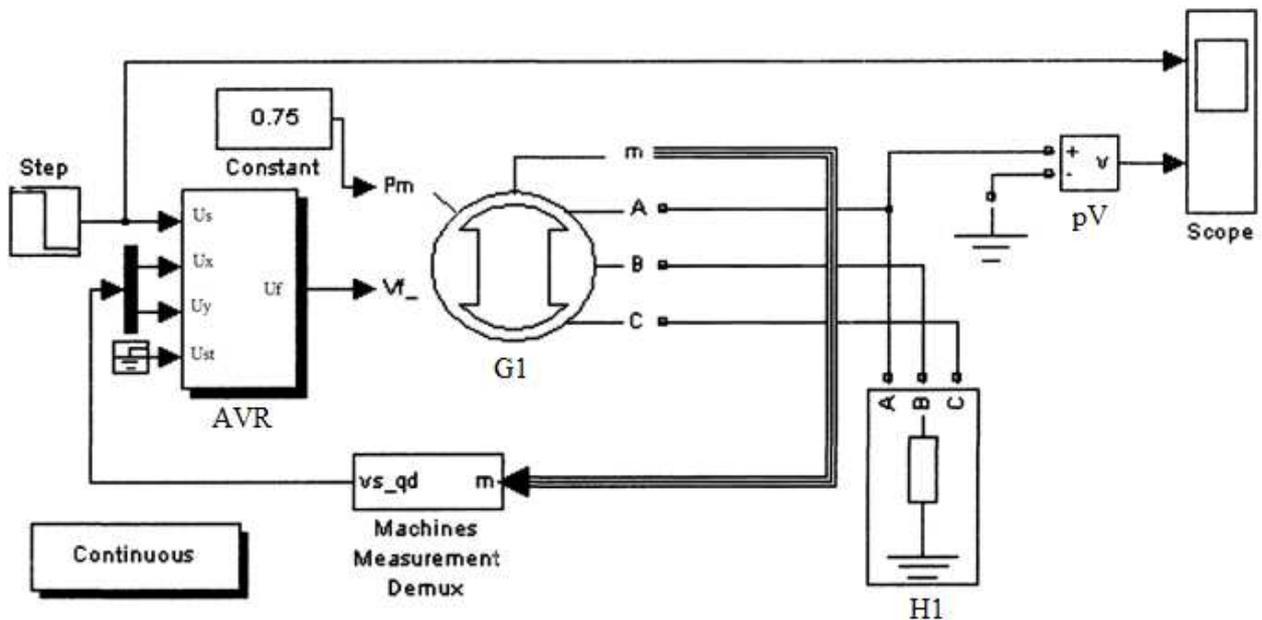


Рис.3. Испытание модели в программе Simulink

Испытание модели автоматического регулятора возбуждения генератора производится в следующем порядке:

1. Расчёт параметров первичной цепи.
2. Запуск настроенной модели электрической сети.

3. Получение в программе simulink необходимых параметров входных напряжений

4. Расчёт и задание входных параметров напряжения генератора и напряжения возбуждения автоматического регулятора возбуждения генератора.

5. Повторный запуск модели

6. Получение результатов испытаний и анализ работы органов автоматического регулятора возбуждения генератора путём контроля входных и выходных данных на каждом из них.

В результате испытаний были получены осциллограммы напряжения U_{SET} , напряжений на шинах генератора U_G и напряжения возбуждения U_f .

Результат работы регулятора возбуждения представлен на рис. 4

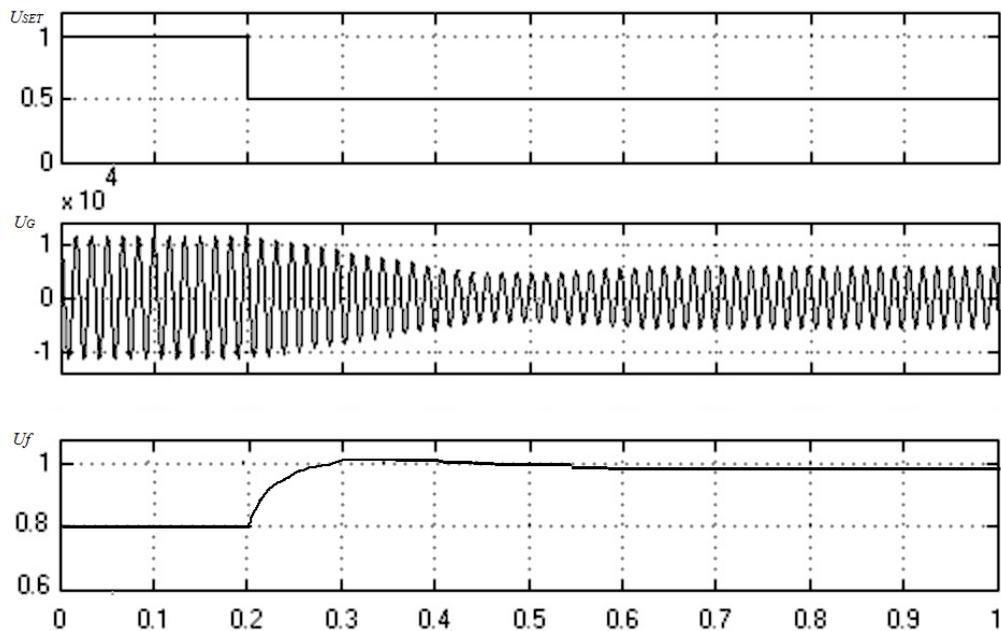


Рис.4. Испытание модели автоматического регулятора возбуждения

На рис.4 показано каким образом в момент времени 0.2 с происходит изменение напряжения возбуждения U_f при изменении входных параметров напряжения генератора.

На базе данной модели могут быть созданы более сложные системы автоматического регулирования возбуждения синхронных машин с большим количеством входных параметров.

Вывод: разработанная модель может использоваться в лабораторных и научных целях при исследовании систем регулирования возбуждения.

Литература

1. Овчаренко Н. И. Аппаратные и программные элементы автоматических устройств энергосистем. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. - 512 с.: ил.
2. Recommended Practice for Excitation System models for Power System Stability Studies, IEEE Standard – 1992. 422 с.